

JJG

中华人民共和国国家计量技术规范

JJG 1043—93

维氏硬度计量保证方案

(试 行)

1993年7月14日批准

1994年8月1日实施

国家技术监督局

目 录

一	规范的性质和适用范围	(1)
二	原理与程序	(1)
三	技术要求	(3)
四	测量过程控制	(4)
五	参加实验室统计控制的考核	(8)
附录		
附录 1	申请程序和要求	(9)
附录 2	计量保证方案参加实验室申请表()号	(10)
附录 3	测量“核查标准”记录	(12)
附录 4	测量“传递标准”记录	(13)
附录 5	测量“主标准”记录	(14)
附录 6	“核查标准”测量过程控制参数 统计报告表	(15)
附录 7	t 检验和 F 检验统计报告表	(16)
附录 8	计量保证方案(测量过程)“在控”(或 “失控”)报告	(17)
附录 9	F-分布表	(20)

维氏硬度计量保证方案
技术规范(试行)

Technical Specification of Measure-
ment Assurance Program for
Veckers Hardness

JJG 1043—93

本技术规范经国家技术监督局于1993年7月14日批准，并自1994年8月1日起施行。

归口单位： 中国计量科学研究院

起草单位： 中国计量科学研究院

本规范技术条文由起草单位负责解释。

本规范主要起草人：

李芷娟（中国计量科学研究院）

李玉书（中国计量科学研究院）

维氏硬度计量保证方案

技术规范(试行)

一 规范的性质和适用范围

本规范为推荐性的指导文件。它规定了采用“计量质量保证方案”对维氏硬度的量值进行传递的方法、程序和测量数据的处理等。

“维氏硬度计量保证方案”是维氏硬度量值传递的方法之一。它适用于对定度标准维氏硬度块的硬度计进行量值传递时实施连续的统计控制。

用户可自愿申请参加，申请程序和要求见附录1。

二 原理与程序

1 维氏硬度计量保证方案的原理

维氏硬度计量保证方案采用了“主标准”(参加实验室用于量值传递的计量标准)、“核查标准”和“传递标准”，运用数理统计的方法实现测量过程的统计控制，可定量地确定被测量的量值相对于国家基准的总不确定度，保证维氏硬度量值传递的准确性。

2 计量保证方案的量值传递程序

计量保证方案的量值传递程序如图1所示。参加实验室按规范要求对“核查标准”作定期测量，建立过程参数，并将测量数据送交主持实验室。主持实验室为每一个参加实验室建立一个独立的数据库，通过对测量数据的统计分析，判别参加实验室是否处于统计控制之内。主持实验室定期用国家基准检定“传递标准”，保证“传递标准”量值的准确度和稳定性。

参加实验室建立过程参数以后，可向主持实验室申请量值传递。主持实验室接到申请后，将“传递标准”和“传递标准压痕”送交参加实验室，由参加实验室按规范要求对“传递标准”和“传递标准压痕”测量后，连同测量数据一并送交主持实验室。主持实验室将测量

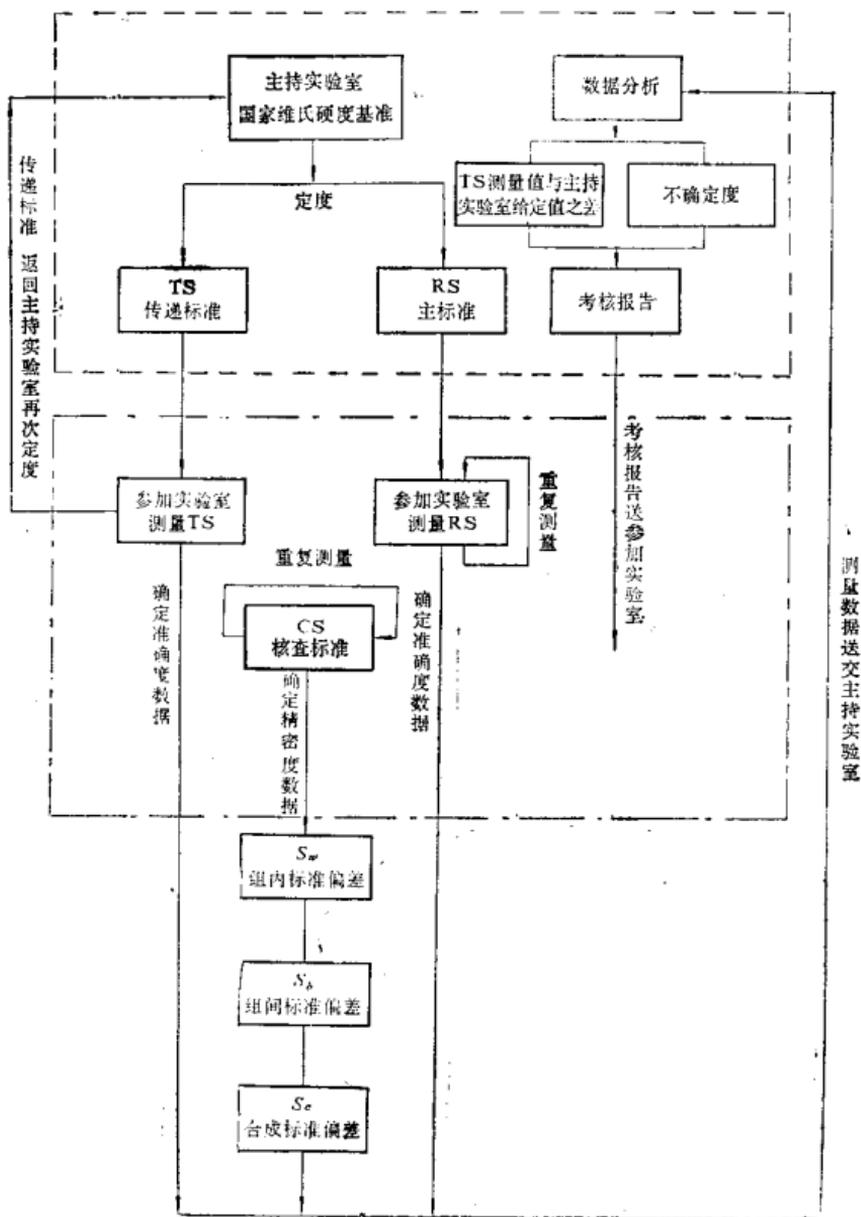


图1 维氏硬度量值传递阶段程序方框图

数量输入数据库内，并对测量数据作统计分析，最后将考核报告送回参加实验室。

三 技术要求

3 参加实验室和检测人员应具备以下条件

3.1 参加实验室应满足下列环境条件：

- a 室温 20 ± 2 °C；
- b 相对湿度不超过70%；
- c 环境清洁，周围无震源和腐蚀性介质。

3.2 硬度计应满足下列要求

3.2.1 各级试验力的允许误差 $\pm 0.2\%$ 。

3.2.2 压头

3.2.2.1 金刚石正四棱锥体（以下简称棱锥体）的四个面应严格抛光，棱锥体表面距顶端 0.3 mm 范围内，在放大 50 倍或 100 倍的体视显微镜下观测时，不应有裂纹、砂眼、崩角等缺陷。

3.2.2.2 棱锥体相对面夹角 $136^\circ \pm 15'$ 。

3.2.2.3 当棱锥体四个面不相交于一点时，其相对面的交线（横刃）应小于 0.0015 mm。

3.2.2.4 棱锥体表面的粗糙度 R_z 应小于 0.2 μm 。

3.2.2.5 棱锥体轴线对压头柄轴线的倾斜角应小于 $20'$ 。

3.3 对检测人员的要求

3.3.1 “计量保证方案”是一项长周期的量传工作。由于它采用测量控制程序，连续检验测量过程的控制状态，因而要求参加本项量传工作的检测人员应相对稳定，并掌握“计量保证方案”的基本原理、误差理论及统计控制技术等。

3.3.2 检测人员测量“传递标准压痕”、“核查标准压痕”的相对合成标准偏差 $K_{d_0} \leq 0.13\%$ 。

$$K_{d_0} = S_{d_0}/d_{..}$$

3.4 测量“传递标准”时，示值误差 $\pm 0.9\%$ 。

3.5 测量“主标准”时，示值误差 $\pm 0.9\%$ 。

3.6 “主标准”的均匀度 $\leq 1.2\%$ 。

3.7 “核查标准”的均匀度 $\leq 1.2\%$ 。

3.8 “核查标准”的相对合成标准偏差 $K_o \leq 0.3\%$ 。

$$K_o = S_o / HV_{j..}$$

四 测量过程控制

4 测量类型和数学模型

$$y = \gamma + \xi + \delta + \varepsilon$$

式中 y ——被测量之真值；

ξ ——测量值与计量基准的系统误差；

δ ——长期随机误差；

ε ——短期随机误差。

5 “核查标准”测量过程参数初始值的确定

5.1 参加实验室选用的“核查标准”为均匀度 $\leq 1.2\%$ 、稳定性好的标准维氏硬度块，其硬度符号和硬度范围应与其进行量值传递的标准维氏硬度块相一致。

“核查标准”由参加实验室自备或由主持实验室提供。

5.2 参加实验室对一组或多组“核查标准”在规定的期间内进行多次重复测量，以建立测量过程统计控制参数。

为减少“核查标准”的消耗，确定初始值时，采用组间测量次数不等的重复测量。

对“核查标准”的测量，每月测量1组，第1至第3个月每组测量7次（每次测量5点），要求在一天内完成。第4个月开始减至每组测量3次，为使长期随机误差充分体现，初始值的确定采用1~6组的测量数据。

5.3 “核查标准”控制参数的计算方法

5.3.1 组内平均值 $HV_{j.}$ 和组内方差 $S_{j.}^2$ ，

$$HV_{j.} = \frac{1}{K_j} \sum_{k=1}^{K_j} HV_{jk} \quad (1)$$

式中 HV_{jk} ——第 j 组第 k 次测量5点硬度的平均值；

K_j ——第 j 组测量次数。

$$S_{w,j}^2 = \frac{1}{K_j - 1} \sum_{k=1}^{K_j} (HV_{jk} - HV_{j.})^2 \quad (2)$$

5.3.2 组间平均值 $HV_{..}$ 和组间方差 S_b^2

$$HV_{..} = \frac{\sum_{j=1}^J (HV_{j.} * K_j)}{\sum_{j=1}^J K_j} \quad (3)$$

式中 J ——测量组数。

$$S_b^2 = S_b^2 / K. \quad (4)$$

$$S_b^2 = \frac{\sum_{j=1}^J [(HV_{j.} - HV_{..})^2 K_j]}{(J - 1)} \quad (5)$$

$$K. = \left(\frac{\sum_{j=1}^J K_j - \sum_{j=1}^J K_j^2 / \sum_{j=1}^J K_j}{J - 1} \right) \quad (6)$$

5.3.3 短期随机误差方差 S_i^2

$$S_i^2 = S_p^2 = \frac{\sum_{j=1}^J [S_{w,j}^2 (K_j - 1)]}{\sum_{j=1}^J (K_j - 1)} \quad (7)$$

式中 S_p^2 ——组内合并方差。

5.3.4 长期随机误差方差 S_j^2

$$S_j^2 = S_i^2 \quad (8)$$

5.3.5 合成方差 S_s^2

$$S_s^2 = S_j^2 + S_i^2 \quad (9)$$

6 “核查标准压痕”测量过程参数初始值的确定

“核查标准压痕”由参加实验室自备或由主持实验室提供。“核查标准压痕”应与“核查标准”的压痕对角线长度范围相一致。

对选用的“核查标准压痕”每天测量 1 组数据，每组测量 7 次，连续测量 5 组，用 1~5 组的测量数据计算出“核查标准压痕”的初始值。

6.1 “核查标准压痕”控制参数的计算

“核查标准压痕”采用测量次数相等的重复测量，即 $K_1 = K_2 \dots$

6.1.1 组内平均值 $d_{j.}$ 和组内方差 $S_{d_wj}^2$

$$d_{j.} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K d_{jk} \quad (10)$$

$$S_{d_wj}^2 = \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (d_{jk} - d_{j.})^2$$

6.1.2 组间平均值 $d_{..}$ 和组间方差 $S_{d_d}^2$

$$d_{..} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J d_{j.} \quad (11)$$

$$S_{d_d}^2 = \frac{1}{J-1} \sum_{j=1}^J (d_{j.} - d_{..})^2 \quad (12)$$

6.1.3 短期随机误差方差 $S_{d_s}^2$

$$S_{d_s}^2 = S_{d_p}^2 = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J S_{d_wj}^2 \quad (13)$$

式中 $S_{d_p}^2$ ——组内合并方差。

6.1.4 长期随机误差方差 $S_{d_l}^2$

$$S_{d_l}^2 = S_{d_s}^2 \quad (14)$$

6.1.5 合成方差 $S_{d_c}^2$

$$S_{d_c}^2 = S_{d_d}^2 + S_{d_s}^2 \quad (15)$$

7 过程控制及修订测量过程参数

7.1 过程参数建立后,对“核查标准”、“核查标准压痕”重复测量的各参数应进行统计检验,判断测量过程是否处于控制状态,失控情况下获得的数据应予以剔除。

7.2 对于 $j > 6$ 的测量值的检验7.2.1 对组内第 k 次的测量值 HV_{jk} 进行 t 检验

$$t = \left| \frac{HV_{jk} - HV_{j.}}{S_{w_j}} \right| < 3 \quad (16)$$

当 $t \geq 3$ 时, HV_{jk} 应予以剔除。

7.2.2 对组内方差 $S_{w_j}^2$ 的异常性进行 F 检验

若 $S_{w_j}^2 \geq S_p^2 F_0(v_1, v_2)$

式中 $\nu_1 = K_j - 1$

$$\nu_2 = \sum_{j=1}^J (K_j - 1)$$

则说明 S_{0j} 呈显著性，该组测量值应予以剔除，并重新测量“核查标准”，再次进行 F 检验，如果 S_{0j} 仍呈显著性，应查找失控原因，可测量“主标准”或申请“传递标准”进行溯源性测量。

7.3 修订测量过程参数

“计量保证方案”的特点是在建立过程参数后，仍须长周期地对“核查标准”进行定期重复测量，在获得更多数据的基础上，不断修订过程参数，使其更加可靠。

修订方法：将“核查标准”现在认可值（含相应的总标准偏差）与前次认可值进行比较，若一致则根据“核查标准”的全部测量数据重新计算过程参数；如果不一致且发生了明显变化时，则表示过去的的数据失效，用最新获得的测量值计算新的过程参数，确定参加实验室新的测量过程参数和与维氏硬度国家基准的固定偏移，并进行修正。

8 量值溯源及其总不确定度

8.1 溯源：参加实验室用与“核查标准”量值相近的“传递标准”作为未知量样品进行 N 次重复测量，参加实验室的测量过程与维氏硬度国家基准的固定偏移按下式计算

$$\xi = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N HV_{Tn} - HV_T \quad (17)$$

式中 HV_{Tn} ——第 n 次测量“传递标准”5点硬度的平均值；

HV_T ——“传递标准”的给定值。

8.2 参加实验室测量过程的总不确定度 U

$$U = [U_{(T)} + (3K_o)^2]^{1/2} \quad (18)$$

式中 $U_{(T)}$ ——“传递标准”的不确定度。

9 参加实验室应按规范要求向主持实验室提供过程参数测量数据和测量“传递标准”的数据。上报格式见附录3和附录4。

10 主持实验室对其测量数据做统计分析后向参加实验室提供“计量保证方案(测量过程)‘在控’(或‘失控’)”报告。见附录6~8。

五 参加实验室统计控制的考核

11 参加实验室在控状态的考核

11.1 测量“核查标准”的相对合成标准偏差 $K_0 \leq 0.3\%$ 。

11.2 对“核查标准”的任意一次测量，均应符合7.2条的要求。并连续达6个月。

11.3 对“主标准”测量的示值误差应符合第3.5条的要求。

11.4 对“传递标准”测量的示值误差应符合第3.4条的要求。

12 参加实验室测量过程参数连续处于统计受控状态时，则量值传递一直有效。

13 当发现测量过程失控时，应立即停止量值传递，测量“主标准”，分析查找失控原因，使其测量过程恢复受控状态或重新建立过程参数，待过程参数稳定后，向主持实验室申请“传递标准”，对其测量的示值误差符合第3.4条要求时，即可恢复量值传递

附 录

附录 1

申请程序和要求

1 要求采用计量保证方案的参加实验室按本规范附录 2 的要求填报申请表一式四份。在向主持实验室提出申请的同时，参加实验室还应提交实验室全部初始过程参数技术报告。

2 主持实验室初审技术报告后，在申请表中提出是否能参加计量保证方案的初审意见。

3 承担考核单位，在三份申请表中签署意见后报国家技术监督局计量司，并按本规范的要求，经政府计量行政部门主持考核，符合条件并批准后方可采用本方案作为量值传递的一种适用方式。

附录 2

计量保证方案参加实验室申请表()号

计量保证方案
参加实验室申请表
()号

计量保证方案名称: _____

申 请 单 位: _____

单 位 地 址: _____

邮 政 编 码: _____

联 系 人: _____

联 系 电 话: _____

年 月 日

计量保证方案参加实验室申请表

申请单位名称:		申报日期:		负责人姓名:		
申请单位地址:		邮编:		电话:		
计量标准器具	计量器具名称	编 号	测量范围	准确度等级	检定单位	检定证号
主要配套设备						
环境条件:		温度:		湿度:		
计量检定人员	姓 名	性 别	年 龄	从事本专业年限	文化 程 度	
申请传递范围						
申请单位领导意见					公 章 年、月、日	
申请单位主管 部 门 意 见					公 章 年、月、日	
主持实验室意见					公 章 年、月、日	
承担考核单位意见					公 章 年、月、日	
主持考核单位意见		考 核 前			公 章 年、月、日	
		考 核 后			公 章 年、月、日	

附录 3

测量“核查标准”记录

参加实验室_____ 标准硬度计型号_____ 出厂编号_____

核查标准编号_____ 硬度符号_____ 测量日期_____

测量次数 K	测量点数 n					测量值 HV_i	平均值 $HV_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n HV_i$	均匀度 %	备注
	1	2	3	4	5				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

测量员:

校对员

附录 4

测量“传递标准”记录

参加实验室_____ 标准硬度计型号_____ 出厂编号_____

传递标准编号_____ 硬度符号_____ 测量日期_____

测量次数 K	测量点数 n _i					平均值 $HV_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n HV_i$	均匀度 %	备注
	i	2	3	4	5			
1								
2								
3								
4								
5								

测量员

校对员

附录 7

t 检验和 F 检验统计报告表

核查标准编号:

测量日期	测量组次	核查标准给定值			核查标准测量值		t*	F**	临界值
		测量次数 K ₂	HV ₀	S ₀ ²	测量次数 K ₁	HV _j			
	1-6								
	1-7								
	1-8								
	1-9								
	1-10								
	1-11								
	1-12								
	1-13								
	1-14								
	1-15								
	1-16								

* 如果 $t \geq 3$ 表示测量过程失控, 查找失控原因, 同时测量主标准。** 如果 $F \geq F_{0.01}(v_1, v_2)$ 则表示测量过程失控, 重新测量。

附录 8

计量保证方案(测量过程) “在控”(或“失控”)报告

主持实验室全称: _____

审核单位全称: _____

年 月 日

一、初始测量过程参数：

二、主要测量结果：

三、t 检验和 F 检验结果：

四、“在控”（或“失控”）结论及其原因：

说 明

一、本计量保证方案（测量过程）“在控”（或“失控”）报告，只作能否利用计量保证方案进行量值传递的凭证，不作它用。

二、经主持实验室审查处于统计“在控”状态，参加实验室得到审核单位签发的“在控”报告后，方能开展计量检定，进行量值传递。

三、经主持实验室审查处于统计“失控”状态，主持实验室只能出具计量保证方案（测量过程）“失控”报告，参加实验室不得采用计量保证方案量传方式进行量值传递。

四、出具计量保证方案（测量过程）“在控”报告的审核单位（即主持实验室的所在单位）应将“在控”报告及时向国家技术监督局计量司备案。备案应附有审核单位的正式公函。备案以后方可作为实施计量监督的依据，按期生效。

审核单位公章

年 月 日

附录 9

F-分布表

 $F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$ 临界值, $\alpha=0.01$

v_2	自 由 度 v_1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.48	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98
35	7.42	5.27	4.40	3.91	3.59	3.37	3.20	3.07	2.96	2.88
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80
45	7.23	5.11	4.25	3.77	3.45	3.23	3.07	2.94	2.83	2.74
50	7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.19	3.02	2.89	2.78	2.70
55	7.12	5.01	4.16	3.68	3.37	3.15	2.98	2.85	2.75	2.66
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63
65	7.04	4.95	4.10	3.62	3.31	3.09	2.93	2.80	2.69	2.61
70	7.01	4.92	4.07	3.60	3.29	3.07	2.91	2.78	2.67	2.59
75	6.99	4.90	4.05	3.58	3.27	3.05	2.89	2.76	2.65	2.57
80	6.96	4.88	4.04	3.56	3.25	3.04	2.87	2.74	2.64	2.55
85	6.94	4.86	4.02	3.55	3.24	3.02	2.86	2.73	2.62	2.54
90	6.93	4.85	4.01	3.53	3.23	3.01	2.84	2.72	2.61	2.52
95	6.91	4.84	3.99	3.52	3.22	3.00	2.83	2.70	2.60	2.51
100	6.90	4.82	3.98	3.51	3.21	3.99	2.82	2.69	2.59	2.50
105	6.88	4.81	3.97	3.50	3.20	2.98	2.80	2.69	2.58	2.49
110	6.87	4.80	3.96	3.49	3.19	2.97	2.81	2.68	2.57	2.49
115	6.86	4.79	3.96	3.49	3.18	2.96	2.81	2.67	2.57	2.48
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32

续表

v_2	由 度 v_1									
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	4.71	4.60	4.52	4.46	4.41	4.36	4.33	4.30	4.27	4.25
11	4.40	4.29	4.21	4.15	4.10	4.06	4.02	3.99	3.96	3.94
12	4.16	4.05	3.97	3.91	3.86	3.82	3.78	3.75	3.72	3.70
13	3.95	3.86	3.78	3.72	3.66	3.62	3.59	3.56	3.53	3.51
14	3.80	3.70	3.62	3.56	3.51	3.46	3.43	3.40	3.37	3.35
15	3.67	3.56	3.49	3.42	3.37	3.33	3.29	3.26	3.24	3.21
16	3.55	3.45	3.37	3.31	3.26	3.22	3.18	3.15	3.12	3.10
17	3.46	3.35	3.27	3.21	3.16	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00
18	3.37	3.27	3.19	3.13	3.08	3.03	3.00	2.97	2.94	2.92
19	3.30	3.19	3.12	3.05	3.00	2.96	2.92	2.89	2.87	2.84
20	3.23	3.13	3.05	2.99	2.94	2.90	2.86	2.83	2.80	2.78
22	3.12	3.02	2.94	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72	2.69	2.67
24	3.03	2.93	2.85	2.79	2.74	2.70	2.66	2.63	2.60	2.58
26	2.96	2.86	2.78	2.72	2.66	2.62	2.58	2.55	2.53	2.50
28	2.90	2.79	2.72	2.65	2.60	2.56	2.52	2.49	2.46	2.44
30	2.84	2.74	2.66	2.60	2.55	2.51	2.47	2.44	2.41	2.39
35	2.74	2.64	2.56	2.50	2.44	2.40	2.36	2.33	2.30	2.28
40	2.66	2.56	2.48	2.42	2.37	2.33	2.29	2.26	2.23	2.20
45	2.61	2.51	2.43	2.36	2.31	2.27	2.23	2.20	2.17	2.14
50	2.56	2.46	2.38	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.10
55	2.53	2.42	2.34	2.28	2.23	2.18	2.15	2.11	2.08	2.06
60	2.50	2.39	2.31	2.25	2.20	2.15	2.12	2.08	2.05	2.03
65	2.47	2.37	2.29	2.23	2.17	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00
70	2.45	2.35	2.27	2.20	2.15	2.11	2.07	2.03	2.01	1.98
75	2.43	2.33	2.25	2.18	2.13	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96
80	2.42	2.31	2.23	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94
85	2.40	2.30	2.22	2.15	2.10	2.06	2.02	1.98	1.98	1.93
90	2.39	2.29	2.21	2.14	2.09	2.04	2.00	1.97	1.94	1.92
95	2.38	2.28	2.20	2.13	2.08	2.03	1.99	1.96	1.93	1.90
100	2.37	2.27	2.19	2.12	2.07	2.02	1.98	1.95	1.92	1.89
105	2.36	2.26	2.18	2.11	2.06	2.01	1.97	1.94	1.91	1.88
110	2.35	2.25	2.17	2.10	2.05	2.00	1.96	1.93	1.90	1.88
115	2.34	2.24	2.16	2.10	2.04	2.00	1.96	1.92	1.89	1.87
120	2.34	2.23	2.15	2.09	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86
∞	2.19	2.09	2.00	1.94	1.88	1.84	1.79	1.76	1.73	1.70

续表

v_2	自 由 度 v_1									
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	∞
10	4.17	4.12	4.08	4.06	4.04	4.03	4.01	4.00	4.00	3.91
11	3.86	3.81	3.78	3.75	3.73	3.72	3.71	3.70	3.69	3.60
12	3.62	3.57	3.54	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46	3.45	3.36
13	3.43	3.38	3.34	3.32	3.30	3.28	3.27	3.26	3.25	3.17
14	3.27	3.22	3.18	3.16	3.14	3.12	3.11	3.10	3.09	3.01
15	3.13	3.08	3.05	3.02	3.00	2.99	2.98	2.97	2.96	2.87
16	3.02	2.97	2.93	2.91	2.89	2.87	2.86	2.85	2.84	2.76
17	2.92	2.87	2.83	2.81	2.79	2.78	2.76	2.75	2.75	2.65
18	2.84	2.78	2.75	2.72	2.70	2.69	2.68	2.67	2.66	2.57
19	2.76	2.71	2.67	2.65	2.63	2.61	2.60	2.59	2.58	2.49
20	2.69	2.64	2.61	2.58	2.56	2.55	2.54	2.53	2.52	2.42
22	2.58	2.53	2.50	2.47	2.45	2.43	2.42	2.41	2.40	2.31
24	2.49	2.44	2.40	2.38	2.36	2.34	2.33	2.32	2.31	2.21
26	2.42	2.36	2.33	2.30	2.28	2.26	2.25	2.24	2.23	2.13
28	2.35	2.30	2.26	2.24	2.22	2.20	2.19	2.18	2.17	2.07
30	2.30	2.24	2.21	2.18	2.16	2.14	2.13	2.12	2.11	2.01
35	2.19	2.14	2.10	2.07	2.05	2.03	2.02	2.01	2.00	1.89
40	2.11	2.06	2.02	1.99	1.97	1.95	1.94	1.93	1.92	1.81
45	2.05	2.00	1.96	1.93	1.91	1.89	1.88	1.86	1.85	1.74
50	2.01	1.95	1.91	1.88	1.86	1.84	1.82	1.81	1.80	1.69
55	1.97	1.91	1.87	1.84	1.82	1.80	1.78	1.77	1.76	1.64
60	1.94	1.88	1.84	1.81	1.78	1.76	1.75	1.74	1.73	1.60
65	1.91	1.85	1.81	1.78	1.75	1.74	1.72	1.71	1.70	1.57
70	1.89	1.83	1.78	1.75	1.73	1.71	1.70	1.68	1.67	1.54
75	1.87	1.81	1.76	1.73	1.71	1.69	1.67	1.66	1.65	1.52
80	1.85	1.79	1.75	1.71	1.69	1.67	1.65	1.64	1.63	1.50
85	1.83	1.77	1.73	1.70	1.67	1.65	1.64	1.62	1.61	1.48
90	1.82	1.76	1.72	1.68	1.66	1.64	1.62	1.61	1.60	1.46
95	1.81	1.75	1.70	1.67	1.65	1.63	1.61	1.60	1.58	1.45
100	1.80	1.74	1.69	1.66	1.63	1.61	1.60	1.58	1.57	1.43
105	1.79	1.73	1.68	1.65	1.62	1.60	1.59	1.57	1.56	1.42
110	1.78	1.72	1.67	1.64	1.61	1.59	1.58	1.56	1.55	1.41
115	1.77	1.71	1.66	1.63	1.60	1.58	1.57	1.55	1.54	1.40
120	1.76	1.70	1.66	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54	1.53	1.39
∞	1.60	1.53	1.48	1.44	1.41	1.38	1.36	1.35	1.33	